



LAPORAN KEGIATAN

**Pembuatan Asam Sitrat dari Buangan Padat Buah
Nanas dengan Fermentasi Fase Cair dalam Bioreaktor
Bergelembung**

Oleh :

1. Widayat, ST., MT.
2. Ir. Abdullah, MS. PhD
3. Ir. Danny Soetrisnanto, Meng
4. Drs. Mohammad Hadi, MSi

Dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan Penelitian Nomor 031/SPPP/PP/DP3M/IV/2005 tanggal 11 April 2005

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
NOVEMBER, 2005**

UPT-PUSTAK-UNDIP

No. Daft: 646/KI/PT/C.

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN HIBAH BERSAING

A. Judul : **Pembuatan Asam Sitrat dari Buangan Padat Buah Nanas dengan Fermentasi Fase Cair dalam Bioreaktor Bergelembung**

B. Ketua Peneliti

a. Nama : Widayat, ST., MT
b. Jenis Kelamin : Laki-laki
c. Pangkat/Golongan/NIP. : Penata / III B/132 207 766
d. Bidang Keahlian : Bioproses dan Hidrodinamika Reaktor
e. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia
f. Perguruan Tinggi : Universitas Diponegoro

C. Tim Peneliti

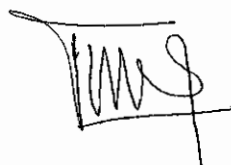
NAMA	BIDANG KEAHLIAN	FAKULTAS/JURUSAN	PERGURUAN TINGGI
Dr. Ir. Abdullah, MS	Kinetika reaksi	TEKNIK/Teknik Kimia	UNDIP
Drs. Mohammad Hadi, MSi	Mikrobiologi	MIPA /Biologi	UNDIP
Ir. Danny Soetrisnanto, MEng	Bioteknologi	TEKNIK/Teknik Kimia	UNDIP

d. Pendanaan dan jangka waktu penelitian

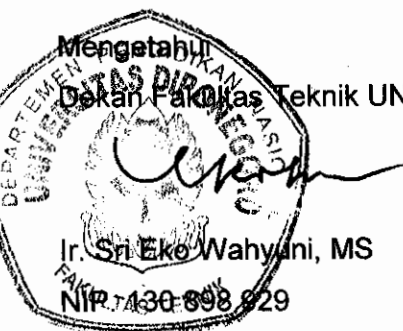
Jangka waktu penelitian yang diusulkan : 3 tahun
Biaya total yang diusulkan : Rp 115.000.000,00
Biaya yang disetujui Tahun. 2005 : Rp 35.000.000,00

Semarang, 10 Nopember 2005

Ketua Peneliti

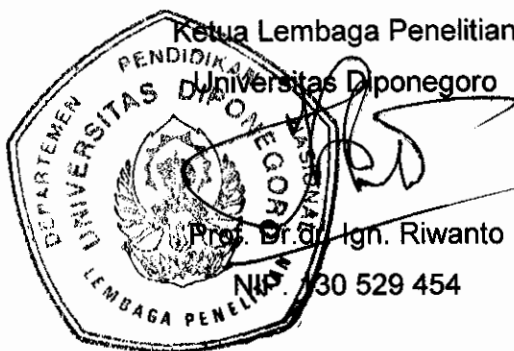


Widayat, ST., MT
NIP. 132 207 766



Menyetujui

Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Diponegoro



RINGKASAN DAN SUMMARY

Asam sitrat merupakan asam organik yang mempunyai fungsi sangat penting dalam industri minuman dan makanan, industri farmasi, industri kosmetik, industri logam dan berbagai industri kimia. Dewasa ini, asam sitrat diproduksi melalui proses fermentasi dengan bahan baku onggok, gaplek, bekatul dan tepung aren dan bioreaktor yang berbentuk tangki berpengaduk. Dalam penelitian ini asam sitrat akan diproduksi dari buangan padat buah nanas dalam bioreaktor bergelembung dengan proses fermentasi fase cair (*submerged culture*) dan mikroba *Aspergillus niger*. Buangan padat buah nanas selama ini belum banyak dimanfaatkan.

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan buangan padat buah nanas (bonggol dan kulit nanas) sebagai bahan baku dalam pembuatan asam sitrat dengan proses fermentasi fase cair dalam bioreaktor bergelembung dan kapang *Aspergillus niger*. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk merancang bioreaktor bergelembung untuk proses fermentasi asam sitra, memanfaatkan buangan padat buah nanas untuk memproduksi asam sitrat dengan proses fermentasi fase cair dan mikroba *Aspergillus niger*, mengembangkan penggunaan bioreaktor bergelembung untuk proses produksi asam sitrat, studi eksperimetel pengaruh laju alir volumetrik udara, viskositas, densitas dan konsentrasi gula total terhadap hidrodinamika reaktor bergelembung dan perpindahan massa

Untuk memperoleh hasil yang komprehensif pada tahun I dilakukan perancangan bioreaktor bergelembung dan dilanjutkan studi hidrodinamika reaktor dan perpindahan massa tanpa adanya kapang *Aspergillus niger*. Perancangan bioreaktor dhasilkkan dua buah, dimana dibedakan alat untuk studi hidrodinamika dan perpindahan massa serta untuk studi produktifitas asam sitrat. Dimensi peralatan bioreaktor bergelembung adalah sebagai berikut; tinggi reaktor 84 cm, diameter dalam 6.9 cm, diameter luar 7 cm

Hasil penelitian menunjukkan bahwa medium fermentasi buangan buah nanas mempunyai kelakuan yang sama dengan fluida sukrosa, jarak cairan dari dasar reaktor semakin jauh, maka semakin besar holdup gas, kenaikan konsentrasi larutan akan mengakibatkan penurunan holdup gas dan koefisien transfer massa, kenaikan laju alir udara akan mengakibatkan kenaikan holdup gas dan koefisien transfer massa, pada konsentrasi 10 % merupakan batas transisi jenis fluida dari newtonian menjadi non newtonian untuk jenis media gula. Persamaan matematika hubungan konstanta perpindahan massa adalah

$$k_L a = 0,00646V^{0,189} \quad \text{untuk larutan nanas dan larutan sukrosa}$$

$$k_L a = 0,00816V^{0,134}$$

PRAKATA

Peneliti mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan penelitian dan laporan ini. Laporan Akhir Penelitian program Hibah Bersaing dengan judul **"Pembuatan Asam Sitrat dari Buangan Padat Buah Nanas dengan Fermentasi Fase Cair dalam Bioreaktor Bergelembung"** berisi tentang pendahuluan, tinjauan pustaka, tujuan dan manfaat penelitian, hasil penelitian dan pembahasan serta kesimpulan dan saran. Pendahuluan berisi tentang hal yang melatarbelakangi penelitian ini dan perumusan masalah. Tinjauan Pustaka berisi tentang kajian pustaka yang berhubungan dengan penelitian ini.

Pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan Penelitian Nomor **031/SPPP/PP/DP3M/IV/2005** tanggal 11 April 2005 yang telah membiayai penelitian dalam program Hibah Bersaing. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada **Ketua Lembaga Penelitian UNDIP** yang telah mengkoordinasi program penelitian, **Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP** yang telah memberikan ijin untuk mengadakan penelitian di Laboratorium Bioteknologi Proses dan kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini

Akhirnya peneliti berharap hasil penelitian dapat memberikan sumbangan bagi perkembangan ilmu pengetahuan. Saran dan kritik yang bersifat membangun selalu penyusun harapkan, demi kesempurnaan penelitian ini.

Semarang, Nopember 2005

Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN DAN SUMMARY	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR/ILUSTRASI	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I Pendahuluan	1
1.1. Subyek Penelitian	1
1.2. Lokasi Penelitian	1
1.3. Hasil yang ditargetkan	2
BAB II Tujuan Dan Manfaat Penelitian Tahun Ke I	3
2.1. Tujuan Penelitian	3
2.2. Manfaat Penelitian	3
BAB III Tinjauan Pustaka	4
3.1. Tanaman nanas	4
3.2. Proses Produksi Asam Sitrat dengan Proses Fermentasi	6
3.3. Bioreaktor Bergelembung	8
3.4. Hidrodinamika dan Perpindahan Massa gas-Cair	10
3.5. Kinetika Reaksi Proses Fermentasi	15
BAB IV Metode Penelitian	18
4.1. Bahan dan Alat Penelitian	18
4.2. Variabel operasi untuk Studi Hidrodinamika dan Perpindahan Massa	19
4.3. Respon Pengamatan	19
4.4. Prosedur Percobaan	19
4.5. Analisis Data	20
BAB V Hasil dan Pembahasan	21
5.1. Perancangan bioreaktor bergelembung	21
5.2. Studi Pengaruh Jarak Inverted Manometer	23
5.3 Pengaruh Konsentrasi Larutan Terhadap Hold Up	26

5.4. Pengaruh Laju Alir Udara Terhadap K_La	28
5.5. Pengaruh Konsentrasi Larutan Terhadap K_La	31
5.6. Korelasi Antara Koefisien Transfer Massa Dengan Laju Alir Volumetrik Udara	32
BAB VI Kesimpulan dan Saran	34
6.1. Kesimpulan	34
6.2. Saran	34
BAB VII Rencana /Penelitian Tahap Selanjutnya	35
A. Tujuan Khusus	35
B. Metode	35
C. Jadwal Kerja	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Komposisi buah nanas	4
Tabel 3.2. Karakteristik Filtrat Limbah Kulit dan Bonggol Nanas	5
Tabel 3.3. Aplikasi biokimia pada reaktor bergelembung	10
Tabel 3.4 korelasi hold up gas untuk kolom bergelembung	11
Tabel 3.5 : Perbandingan beberapa metode pengukuran koefisien perpindahan massa (Riet dan tramper, 1991)	14
Tabel 5.1. : Hasil-hasil penelitian tentang perpindahan massa gas-cair pada bioreaktor bergelembung jenis airlift eksternal loop (Stang, et.al, 2001).	31
Tabel 7.1. Faktorial design 2^5 untuk optimisasi proses fermentasi asam sitrat	39
Tabel 7.2.Jadwal Kerja penelitian tahun II dan III	40

DAFTAR GAMBAR/ILUSTRASI

Gambar 3.1. Proses metabolisme sederhana pembuatan asam sitrat dari karbohidrat	6
Gambar 3.2. Kolom penggelembung ditinjau dari aliran gas	9
Gambar 3.3 Pengaruh sirkulasi cairan pada bioreaktor air lift terhadap kelakuan lainn	15
Gambar 4.1. Rangkaian alat bioreaktor bergelembung untuk studi hidrodinamika dan perpindahan massa	18
Gambar 5.1Hasil Perancangan Bioreaktor bergelembung	21
Gambar 5.2. Bioreaktor bergelembung untuk proses produksi asam sitrat	22
Gambar 5.3. Bioreaktor bergelembung untuk studi hidrodinamika dan perpindahan massa	23
Gambar 5.4. Hubungan ketinggian inverted manometer terhadap hold up pada berbagai laju alir dalam larutan nanas	24
Gambar 5.5. Hubungan ketinggian inverted manometer terhadap hold up pada berbagai laju alir dalam larutan sukrosa	25
Gambar 5.6. Hubungan konsentrasi larutan erhadap hold up pada berbagai laju alir udara	27
Gambar 5.7. Hubungan laju alir udara terhadap hold up gas pada air (Feijen, 1987)	28
Gambar 5.8. Hubungan antara laju alir dengan kLa pada berbagai konsentrasi	29
Gambar 5.9. Hubungan koefisien perpindahan massa dengan laju alir udara dengan dan tanpa ragi (Stang, et.al, 2001).	30
Gambar 5.10. Hubungan antara konsentrasi larutan dengan kLa pada berbagai laju alir udara	32
Gambar 7.1. Skematik tahapan-tahapan penelitian	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Rencana Anggaran Penelitian	44
Lampiran B Hasil Analisa Pendahuluan dan Kalibrasi	49
Lampiran C Data Percobaan Hidrodinamika Dan Perpindahan Massa Gas-Cair	54
Lampiran D. Makalah publikasi dalam Seminar Nasional	64

BAB I

PENDAHULUAN

1. SUBYEK PENELITIAN

Subyek penelitian ini adalah buangan padat buah nanas seperti bonggol dan kulit buah nanas, sebagai bahan baku pembuatan asam sitrat dengan proses fermentasi fase cair dan mikroba *Aspergillus niger* dalam bioreaktor bergelembung. Aspek penelitian adalah penelitian rekayasa dan pengembangan reaktor bergelembung sebagai bioreaktor dalam proses fermentasi berbahan baku buangan padat buah nanas.

Periode Penelitian	Aspek Penelitian
Tahun I	Rancang bangun bioreaktor bergelembung, dilanjutkan dengan studi hidrodinamika reaktor dengan fluida cairan dari buangan padat buah nanas (gas holdup, laju alir dan pola aliran) dan pertumbuhan mikroba
Tahun II	Studi Perpindahan massa dan kinetika reaksi yang meliputi kinetika pertumbuhan mikroba, pemanfaatan substrat dan pembentukan produk. Formulasi matematik dikembangkan untuk hubungan koefisien perpindahan massa dengan laju alir fluida dan viskositas, baik ada dan tidak mikroba
Tahun III	Studi produktifitas asam sitrat dan optimisasi kondisi proses yang meliputi konsentrasi gula, konsentrasi nutrien (N,P), konsentrasi jumlah mikroba, laju alir volumetrik udara dan pH awal, serta penyusunan draf paten

1.2. LOKASI PENELITIAN :

Laboratorium Bioteknologi, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP

Laboratorium Mikrobiologi dan Biologi Jurusan Biologi Fakultas MIPA UNDIP

1.3. HASIL YANG DITARGETKAN :

Hasil yang ditargetkan dalam penelitian ini, pada tahun pertama adalah sebagai berikut:

- (i) sebuah prototipe bioreaktor bergelembung yang dapat digunakan untuk proses fermentasi asam sitrat fase cair yang dilengkapi dengan tangki umpan dan proses sterilisasi dan pendinginan
- (ii) korelasi empirik antara hidrodinamika dan koefisien perpindahan massa dalam reaktor bergelembung

Untuk tahun ke-2 dan ke-3 hasil yang ditargetkan adalah

- (iii) Asam sitrat yang dihasilkan dari buangan padat buah nanas dengan proses fermentasi fase cair dan mikroba *Aspergillus niger* korelasi empirik kinetika reaksi proses produksi asam sitrat yang meliputi kinetika pertumbuhan mikroba, kinetika penggunaan substrat dan kinetika pembentukan produk
- (iv) data-data teknis laboratorium untuk perancangan dan pengoperasian proses yang meliputi kinetika reaksi, kondisi operasi yang optimum yang meliputi konsentrasi gula, konsentrasi nutrien, pH awal dan laju volumetrik udara; juga koefisien perpindahan massa
- (v) tingkat produktifitas asam sitrat yang lebih baik dengan adanya penambahan aditif metanol dan atau etanol
- (vi) satu draf usulan paten biasa dan 4 buah publikasi ilmiah

BAB II

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN KE I

2.1. TUJUAN PENELITIAN

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan buangan padat buah nanas (bonggol dan kulit nanas) sebagai bahan baku dalam pembuatan asam sitrat dengan proses fermentasi fase cair dalam bioreaktor bergelembung dan kapang *Aspergillus niger*. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk:

1. Merancang bioreaktor bergelembung untuk proses fermentasi asam sitrat
2. Memanfaatkan buangan padat buah nanas untuk memproduksi asam sitrat dengan proses fermentasi fase cair dan mikroba *Aspergillus niger*.
3. Mengembangkan penggunaan bioreaktor bergelembung untuk proses produksi asam sitrat
4. Studi eksperimental pengaruh laju alir volumetrik udara, viskositas, densitas dan konsentrasi gula total terhadap hidrodinamika reaktor bergelembung dan perpindahan massa
5. Penyusunan model empirik tentang perpindahan massa gas-cair

2.2. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang dapat diperoleh dengan adanya penelitian ini adalah:

1. Peningkatan nilai guna buangan padat buah nanas menjadi produk yang bermanfaat yaitu asam sitrat
2. Pengembangan bioreaktor bergelembung untuk proses fermentasi fase cair khususnya pembuatan asam sitrat
3. Penggunaan data-data empiris dalam perancangan bioreaktor bergelembung, khususnya data-data hidrodinamika dan perpindahan massa.